

EL USO DE LA METODOLOGÍA DEA (DATA ENVELOPMENT ANALYSIS) PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LAS TIC EN LA PRODUCTIVIDAD DEL SECTOR HOTELERO

Cidália Leal Paço¹

Juan Manuel Cepeda Pérez²

Economía y Empresa

1) Escola Superior de Gestão, Hotelaria e Turismo. Universidade do Algarve
Campus Penha, 8005-139, Faro, Portugal
cpaco@ualg.pt

2) Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad de Huelva
Plaza de La Merced, 11. 21071 Huelva
cepeda@uhu.es

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es analizar una técnica no paramétrica para la construcción de fronteras de producción que es aplicada en muchos estudios sobre eficiencia y hotelería. El DEA (Análisis Envolvente de Datos) permite la utilización de múltiples *inputs* y *outputs* sin imponer ninguna forma funcional a los datos o hacer suposiciones de ineficiencia. Para proporcionar la medición total de la eficiencia económica (*Economic Efficiency*) se combinan tanto la eficiencia técnica (*Technical Efficiency*), que se refiere a la capacidad de un hotel para obtener el máximo *output* para un determinado conjunto de *inputs*, con referencia a una determinada función de producción; como la eficiencia asignativa (*Allocative Efficiency*), que se refiere a la capacidad de un hotel para utilizar los *inputs* y generar *outputs* en proporciones óptimas, considerando sus respectivos precios. El modelo DEA permite la medición de las dos cuando tenemos información sobre los precios y queremos considerar un objetivo comportamental, como minimizar los costes y maximizar los ingresos. En los modelos

orientados al *output*, DEA propone identificar la ineficiencia con un aumento proporcional en la obtención de la producción. En los modelos orientados a los *inputs*, la ineficiencia técnica se identificaría con una disminución proporcional en el uso de las entradas. En cuanto a los hoteles, las orientaciones de mercado parece ser la elección natural debido a su posición competitiva.

Abstract

The main objective of this paper is to analyze the nonparametric technique used in many studies of hospitality. The econometric frontier approach, DEA (Data Envelopment Analysis) allows the use of multiple inputs/outputs without imposing any functional form to data or make assumptions of inefficiency. (Technical Efficiency) refers to the ability of a hotel for the maximum output for a given set of inputs, with reference to a function of production. Conversely, (Allocative Efficiency) refers to the ability of a hotel to use the inputs and produce outputs in optimal proportions given their prices. These two measures are combined to provide the measurement of total (Economic Efficiency). The DEA model allows measurement of both when we have information about prices and we want to consider a behavioral objective, such as minimizing costs and maximizing revenues. In the production oriented models DEA is to identify the inefficiency as a proportional increase in production use. You can use an input oriented model to technical inefficiency with a proportional decrease in the use of the entrances. With regard to the guidance market hotels seem to be the natural choice due to its competitive position.

1. OBJETIVOS

Este documento tiene por objeto proponer un marco conceptual, sobre la base de una síntesis de la literatura ya existente sobre este tema, que ilustre cómo las aplicaciones de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) pueden conducir a una ventaja competitiva en las empresas hoteleras, utilizando para ello la metodología DEA. Esta investigación proporcionará un enfoque adecuado para la selección de medidas de

entradas y salidas, *inputs* y *outputs*, con el fin de estudiar el desempeño de los servicios de los hoteles. En términos de resultados, varias áreas deben ser cuidadosamente evaluadas en el desarrollo e implementación de proyectos de TIC para que puedan dar lugar a una ventaja competitiva en las empresas hoteleras. Cuando se analizan las decisiones sobre las TIC en los hoteles, existen cuatro áreas estrechamente relacionadas, que son: la coherencia entre la estrategia empresarial y las decisiones TIC, los tipos de aplicaciones de las TIC, los beneficios esperados con las decisiones de las TIC y el estilo de la toma de decisiones. El avance y complejidad de la tecnología, las capacidades de gestión y la integración de los recursos son cuestiones clave en la aplicación de las decisiones sobre las TIC.

Las inversiones en aplicaciones TIC de las empresas hoteleras pueden conducir a mayores competencias y capacidades TIC, que posteriormente pueden dar lugar a un menor coste, mayor agilidad, innovación, valor añadido para los clientes y mejor servicio al cliente. Sin embargo, no todas las inversiones en TIC se traducen en resultados positivos o bien su sostenibilidad puede ser de corta duración. Además, puede haber un intervalo de tiempo entre la toma de decisiones de una inversión en TIC y la obtención de los resultados deseados. En cuanto a las implicaciones prácticas, existen varias áreas y temas que deben tenerse en cuenta en la preparación y aplicación de las decisiones de inversión en TIC para que contribuyan a la ventaja competitiva de la empresa. Las empresas hoteleras tienen que ser selectivas en sus decisiones de inversión TIC y considerar las inversiones TIC desde una perspectiva de la gestión estratégica. Este artículo es uno de los primeros en el campo de la hotelería que ofrece un marco teórico sobre cómo las aplicaciones de las TIC pueden conducir a una ventaja competitiva en los hoteles. Asimismo, por sus implicaciones teóricas y prácticas, podrá ayudar a los gerentes de los hoteles y a los investigadores en la evaluación de proyectos TIC en las empresas hoteleras.

2. MEDIDAS DE DESEMPEÑO DE LOS HOTELES

2.1. Medidas clásicas

La literatura sobre gestión de hoteles presenta diversos estudios que intentan medir la eficiencia y el rendimiento en la empresa hotelera. Gran parte de las investigaciones utilizan el análisis de ratios clásico y/o los índices agregados de desempeño del mercado. Otros trabajos se centran en el comportamiento de los ingresos (Baker y Riley, 1994).

Wijeyasinghe (1993) utiliza un indicador general de la eficiencia de la ocupación del hotel que examina las tasas de ocupación de equilibrio (*breakeven*) y desarrolla un sistema integral de eficiencia en la gestión. Este indicador se utiliza para analizar e identificar las causas de la ineficiencia de la gestión. Kimes (1989) utiliza una técnica de gestión del ingreso del recurso perecedero (PARM, *Perishable Asset Revenue Management*) para medir el desempeño en la industria hotelera. PARM permite a la administración determinar el mejor equilibrio entre la tasa diaria media y la tasa de ocupación. Cuestiones relacionadas con PARM incluyen el exceso de reservas (*overbooking*), la tasa de asignación de clase y la duración de la estancia.

Gustke y Van Doren (1982) utilizan la información de ventas para medir el desempeño del sector. Estos autores estiman el crecimiento económico en varios estados y áreas metropolitanas mediante el examen de los ingresos agregados y el ingreso per cápita. Esta técnica es útil para evaluar el desempeño del hotel en el nivel agregado, pero no prevé medidas específicas de desempeño de la empresa.

El índice de ocupación (*lodging index*) propuesto por Wassenaar y Stafford (1991), ofrece un indicador alternativo para el desempeño del sector hotelero. Este índice se define como el ingreso medio obtenido por cada habitación durante un determinado período de tiempo. Los autores sugieren que el índice es efectivo para los destinos donde el promedio de ocupación y las tarifas no están disponibles. Afirman que es una estadística útil, ya que refleja los ingresos por habitación, asunto que preocupa a los profesionales. Combina las tasas de ocupación media y las tarifas en un solo indicador, reduciendo la ambigüedad potencial de evaluar varios indicadores, tales como el análisis de ratios.

Las técnicas de coste-volumen-utilidad, también denominadas coste-volumen-beneficio, se han utilizado para analizar el desempeño de las empresas individuales y se puede aplicar a nivel regional para comparar varios tipos de empresas. Este análisis es útil en

la medida que examina cómo las empresas transforman volumen de actividad en beneficios (Coltman, 1978 y Fay et al, 1971).

2.2. Técnica de la frontera de eficiencia y la medición del desempeño

Otras técnicas comparan la eficiencia de las organizaciones similares, considerando explícitamente la aplicación de varias entradas para producir varias salidas. Estas técnicas de eficiencia se dividen generalmente en dos categorías. La primera se compone de modelos de programación lineal (DEA, *Data Envelopment Analysis*). La segunda categoría consiste en un conjunto de técnicas basadas en la regresión, que derivan de estimaciones de la ineficiencia de los términos de error, y que se denomina enfoque de la frontera estocástica o econométrica (SFA, *Stochastic Frontier Analysis*). Ambas técnicas utilizan una muestra de empresas para la construcción de una frontera de producción eficiente. La frontera es eficiente en el sentido de que una compañía que opera en la frontera no puede aumentar la producción sin incrementar las entradas, o no podrá reducir la utilización de entradas sin reducir la salida. Las desviaciones de la frontera representan ineficiencias que se llaman ineficiencias X en la literatura financiera y económica (Leibenstein, 1978, pág. 204). Las técnicas de frontera de eficiencia evitan la necesidad de desarrollar un coste estándar, para cada servicio y son más amplias y fiables que el uso de un conjunto de ratios de funcionamiento y medidas del beneficio. Estas técnicas permiten a las organizaciones de servicios identificar las unidades que son relativamente ineficientes, determinar la magnitud de la ineficiencia y proponer estrategias alternativas para reducir las ineficiencias, todo ello en una medida compuesta. Además, estas técnicas proporcionan una estimación de la eficiencia global del sector en cuestión.

2.3. Metodología DEA (*Data Envelopment Analysis*)

El primer modelo DEA, propuesto por Charnes, Cooper y Rhodes (1978), denominado en homenaje a sus autores DEA-CCR, tuvo una orientación de entrada y suponía la existencia de rendimientos constantes de escala (CRS). Esta metodología busca establecer qué empresas de una muestra determinan la superficie envolvente o frontera

de producción eficiente. La distancia radial de una empresa hacia la frontera provee la medida de su eficiencia. El segundo modelo DEA propuesto presenta la hipótesis de rendimientos variables de escala (VRS), conocido como DEA-BCC (Banker, Charnes y Cooper, 1984). Además de estos dos modelos importantes, hay otros modelos DEA menos frecuentes en la literatura. Así, identificamos al menos otros cinco modelos DEA básicos: el modelo aditivo (Charnes et al., 1985), el modelo multiplicativo (Charnes et al., 1982), el modelo DEA cone-ratio (Charnes et al., 1990), el modelo DEA de la región de seguridad o Assurance Region (Thompson et al., 1986, 1990) y el modelo de super-eficiencia (Andersen y Petersen, 1993).

La metodología DEA se aplica en la evaluación unitaria de unidades homogéneas o empresas, tales como los hoteles. La unidad de evaluación, que normalmente se conoce como una unidad de toma de decisiones (DMU, *Data Managment Unit*) es la que transforma los *inputs* en *outputs*, por lo que en cualquier estudio su identificación es un aspecto difícil y crucial. Según el DEA, el desempeño de una empresa se evalúa en una frontera eficiente que se construye por la combinación lineal de las empresas existentes. El procedimiento se basa en un modelo matemático complejo, sin embargo, el siguiente gráfico muestra cómo se calculan las medidas de eficiencia.

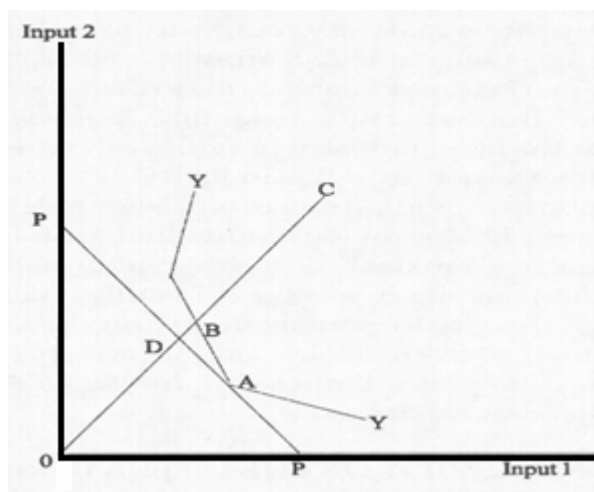


Figura 1 - Metodología DEA - la eficiencia global, técnica y de asignación

La figura 1 presenta las medidas de eficiencia global, técnica y asignativa. En este ejemplo, suponemos la existencia de dos entradas (X1 y X2) y una salida (Y) y retornos constante de escala (CRS). Por otra parte, suponemos que la tecnología es fija y que los

precios de entrada están representados por PP. La empresa A es eficiente X, ya que produce a lo largo del *isoquantum* de salida Y, empleando el mínimo de *inputs*. Supongamos que hay una empresa que opera en C, produciendo el mismo nivel de salida como el producido a lo largo de Y. La empresa C utiliza más *inputs* que la empresa A para producir la salida Y, por lo que se califica como ineficiente, con una puntuación de eficiencia global OD/OC (o lo que es lo mismo, una puntuación de ineficiencia de DC/OC).

La ineficiencia global puede ser descompuesta en sus dos componentes, técnico y de asignación de recursos. Sin ser capaz de cambiar la asignación de los *inputs*, lo mejor que la compañía C podría haber hecho era operar en el punto B. El empleo "extra" de entradas por la empresa C, como un porcentaje de la utilización total de *inputs*, es la medida de la ineficiencia técnica y puede ser expresada como BC/OC . La eficiencia técnica de la empresa C se expresa como OB/OC . La asignación ineficiente representa el fracaso de la gestión el uso de la combinación óptima de los insumos. Aquí, la ineficiencia asignativa en la empresa C puede ser representado por DB/OC y la eficiencia de la asignación de recursos se expresa como OD/OB .

La eficiencia técnica se puede descomponer en las medidas de eficiencia técnica pura (PTE, *Pure Technical Efficiency*) y la eficiencia de escala (SE, *Scale Efficiency*). La ineficiencia técnica pura se refiere a las desviaciones de la frontera de la eficiencia, resultantes de la falta de una utilización eficiente de los recursos. Por lo tanto, esta medida supone que las empresas están operando bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala. Las ineficiencias de escala por el contrario, son pérdidas debidas a la falta de operar con rendimientos constantes a escala. La figura 2 ilustra las dos medidas de eficiencia.

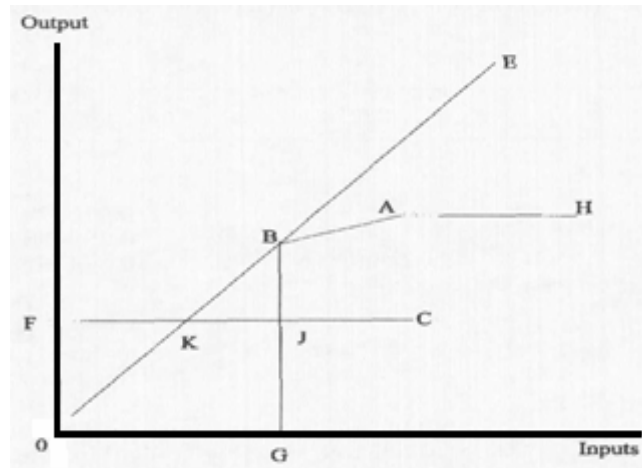


Figura 2 - La eficiencia de escala y eficiencia técnica pura

En la Figura 2, el eje Y representa la salida y el eje X representa combinaciones de entradas que contienen una cantidad igual de entrada 1 y de la entrada 2. El gráfico muestra tres puntos indicados por A, B y C, respectivamente. Se ilustran dos fronteras, una asumiendo rendimientos constantes a escala OE y la otra frontera suponiendo rendimientos variables a escala, GBAH. La eficiencia técnica pura se mide en relación a la frontera de rendimientos variables a escala. Para la empresa C, la eficiencia técnica pura se mide como $PTE = FJ/FC$. La eficiencia de escala es, por tanto FK/FJ . Esto mide la posible reducción proporcional en el empleo de *inputs*, si una empresa opera con rendimientos constantes a escala, en lugar de rendimientos crecientes o decrecientes a escala.

Después de completar este análisis, se examina la medida de eficiencia de escala (SE) para determinar si es igual a uno. Si SE es igual a uno, entonces las empresas están operando con rendimientos constantes a escala. Si SE no es fuera igual a uno, entonces debemos determinar si las empresas están operando con rendimientos de escala crecientes o decrecientes.

2.4. Modelo DEA - CCR (Charnes, Cooper y Rhodes)

En términos matemáticos el modelo básico DEA-CCR al que vamos a referirnos sería:

$\text{Maximizar: } h_0 = \frac{\sum_{j=1}^s W_j Y_{j0}}{\sum_{i=1}^r V_i X_{i0}}$ <p>(1)</p> $\text{Sujeto a: } \frac{\sum_{j=1}^s W_j Y_{jm}}{\sum_{i=1}^r V_i X_{im}} \leq 1 \quad m = 1, 2, \dots, n$ <p>(2)</p> $W_j \geq 0; \quad j = 1, 2, \dots, s$ <p>(3)</p> $V_i \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, r$ <p>Donde:</p> <p>Y_{j0} = Salida j de la DMU 0;</p> <p>X_{i0} = Entrada i de la DMU 0;</p> <p>W_j = Peso para la salida j;</p> <p>V_i = Peso para la entrada j;</p> <p>n = N° de DMU;</p> <p>s = Número de entradas;</p> <p>r = Número de salidas</p>
--

Los pesos W_j y V_i desconocidos se estiman por el DEA en base a los datos disponibles, como forma de obtener una medida de la eficiencia relativa de cada unidad. Con este fin, el DEA organiza un contingente de optimización, en el desempeño en cada DMU, para convertir las entradas en salidas, con relación al desempeño de todas las DMU (Miller y al., 1996). Los pesos de cada DMU se calculan por separado de manera que el nivel de eficiencia máxima pueda ser alcanzable.

En base al modelo CCR, la ecuación (1) comprende un caso de múltiples entradas y múltiples salidas. El modelo busca un conjunto de valores para W y V que maximizan h_0 . En este modelo fraccionario, los resultados de la máxima eficiencia de DMU_0 será $0 < h_0 < 1$ debido a las restricciones (2) y (3). El valor h_0 obtenido por el modelo satisface $0 < h_0 < 1$ y en términos de índice de eficiencia, $h_0 = 1$ representa la eficiencia global y $h_0 < 1$ indica que es ineficiente. Existen dos maneras de aplicar DEA dependiendo de la perspectiva que se desee considerar, por ejemplo, de coste o de beneficio: la orientada al *input* donde se obtiene un determinado nivel de *output* con la mínima cantidad de entrada (minimización de las entradas); y la orientada al *output*, donde se maximiza la salida para un determinado nivel de entrada.

Sin embargo, los investigadores creen que el DEA tiene algunas limitaciones (Othman, 2010). Algunos de los inconvenientes son cuestiones relacionadas con el tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra tiene un impacto significativo sobre el resultado global. Por lo tanto, un mayor número de DMU aumentará las posibilidades de encontrar unidades cerca de la frontera de producción. En segundo lugar, el DEA no ofrece el modelo de predicción del desempeño de la organización, debido a su limitación para preparar un modelo que pueda ser utilizado fuera de la base de datos en cuestión. Como resultado, el DEA se debe considerar como específico para la muestra utilizada, lo que significa que el modelo resultante es aplicable solamente a esos datos específicos. En otras palabras, el análisis DEA no es adecuado para ser comparado con un máximo teórico (Othman, 2010).

Sin embargo, desde que se introdujo por primera vez el modelo DEA, éste ha sido adoptado como una herramienta de investigación para medir la eficiencia operativa. En particular, el DEA se ha aplicado con frecuencia para medir el desempeño de organizaciones del sector servicios, como es el caso de la medición de la eficiencia de los hoteles.

En resumen, el método DEA introducido por Charnes et al. (1978), es un método no paramétrico para la estimación de las fronteras óptimas de Pareto a través de las cuales la eficiencia de las DMU puede ser determinada. La consecuencia directa de la característica no paramétrica del DEA es que este método no requiere, al contrario de lo que sucede con los métodos paramétricos deterministas y estocásticos, la especificación de una forma funcional para la tecnología de producción. Con el DEA, se está eludiendo el problema de especificar una función de producción explícita, haciendo suposiciones acerca de la tecnología. Una exposición completa de estas hipótesis son recogidas por Ray (2004) y por Coelli et al. (2005). Otra consecuencia de esta característica no paramétrica es que no hay ninguna restricción en la muestra. Apenas se ha aceptado la convención de que el tamaño de la muestra de DMU debe ser mayor que el doble de la suma de entradas y salidas para obtener resultados fiables. (Nooreha et al., 2000), aunque Banker et al. (1989) establecen como regla general que el número de empresas sea igual o superior al triple de las variables incluidas en el modelo. Como se mencionó anteriormente, se han publicado un gran número de artículos sobre extensiones teóricas y aplicaciones empíricas del DEA

2.5. Datos, rendimientos de escala y entradas/salidas

En el caso del sector hotelero, y en general del sector servicios, la definición de la productividad es complicada, ya que el concepto tradicional de productividad fue desarrollado para la fabricación de bienes físicos. Grönroos, C. y Ojasalo K. (2000) sostienen que este concepto se basa en la hipótesis de que la producción y el consumo son procesos separados, dejando al consumidor apartado del proceso de producción, lo que tiene sentido para la fabricación, pero no para el sector servicios, donde ambos procesos son simultáneos. Las características específicas de los servicios y los supuestos subyacentes en el concepto tradicional de productividad, muestran a los modelos y a las herramientas clásicas para la medición de la productividad como inadecuados.

Las medidas de eficiencia obtenidas son bastante sensibles a las especificaciones alternativas en términos de rendimientos de escala. Si bien se reconoce este hecho, la literatura sobre la eficiencia no ofrece mucha orientación sobre la cuestión de cómo evaluar la idoneidad de las decisiones en este contexto. Con el DEA, el conjunto de posibilidades puede basarse en el supuesto de los rendimientos constantes de escala o pueden asumir la hipótesis de los rendimientos variables de escala.

Metters et al. (1999) ofrecen algunas orientaciones prácticas para la aplicación de la metodología DEA. Estos autores sugieren una serie de reglas específicas, por ejemplo, usar modelos con rendimientos variables de escala a la hora de considerar DMU de tamaño variable, en gran medida, y cuando el tamaño de la escala es controlable por las DMU. La elección de la asunción de los rendimientos de escala constante versus variable no es indiferente, ya que condiciona la representación del conjunto de posibilidades. El supuesto de rendimientos constantes de escala implica una visión a largo plazo donde el tamaño de las unidades puede ser modificado. Con el supuesto de rendimientos variables a escala, el razonamiento se realiza a corto plazo y el tamaño de las unidades es fijo. En el caso de los hoteles, dado que las cadenas hoteleras poseen diferentes tamaños (según el número total de hoteles) y su longitud en términos de escala es controlable por la central, puede ser elegida la hipótesis de rendimientos variables de escala.

La puntuación de VRS sólo mide la eficiencia técnica pura. Sin embargo, para fines comparativos, se pueden calcular tasas de rendimientos constantes de escala, que comprende una combinación no aditiva de eficiencias técnicas puras y de escala. La relación entre el índice de eficiencia global (puntuación CRS) y el índice de eficiencia técnica pura (puntuación VRS) proporciona una medida de la eficiencia de escala.

Otro problema es la definición precisa de lo que se considera *input* y *output* en el sector servicios y su medición. La producción, medida mediante la comparación de una salida con una unidad de entrada, requiere que ambos indicadores sean cuantificables. La mayoría de los problemas de medición en el sector de servicios, provienen de la medición del *output*, su naturaleza multidimensional (algunos de los elementos o aspectos no son cuantificables, pero sí son relevantes), de su naturaleza intangible, de la existencia de factores externos y de la dificultad en la evaluación de la calidad, entre otros, son algunas de las dificultades encontradas al tratar de medir el *output*, lo que constituye un importante inconveniente para medir la productividad en este sector.

Según Adam Jr. et al. (1981), el *output* es fácil de medir cuando se presenta como una producción de unidades físicas de un tipo determinado, con la posibilidad de ser almacenada. Por contra, otros sectores económicos, como la industria hotelera y de restauración, suelen ofrecer una amplia gama de servicios, muchos de los cuales son complicados de medir. Para la industria hotelera y de restauración, Renaghan (1981) señala que el problema se acentúa porque la experiencia de un cliente en un hotel se considera que es percibida como un todo, mientras que en realidad son muchos los servicios que recibe: alojamiento, comidas, lavandería, etc. El *output* se puede medir con precisión, si primeramente fuera identificado. Pero rara vez es posible definir con claridad una "unidad de servicio", por lo que las mediciones de la productividad en el sector terciario suelen ser parciales, por ejemplo, el número de clientes que son atendidos durante un período determinado por un camarero en un restaurante. Esta información puede ser interesante, pero no proporciona información sobre el grado de eficiencia de la transformación de todos los *inputs* utilizados.

La identificación y medición de la entrada también es compleja. El *output* obtenido es generalmente el resultado de una combinación de *inputs* como la mano de obra, el capital, las materias primas y la energía. En los hoteles, donde los costes laborales son uno de los mayores gastos, se utilizan ratios para la medición de la productividad como

la relación entre output y el número de trabajadores, número de horas de trabajo o salarios. Bernolak (1980) indica que el *input* trabajo podría ser, en muchos casos, considerado una buena alternativa para una entrada múltiple más completa al ser utilizado en la definición de la productividad.

Cuando un servicio se produce, un cambio en la selección de las entradas puede alterar fácilmente la calidad de ese *output*. Por esta razón, a pesar de un uso aparentemente más eficiente de los recursos, el valor del servicio para el cliente puede cambiar e incluso bajar, y la capacidad de la empresa para generar ingresos no será la misma que al principio. Si disminuye la calidad y el valor para los clientes, y el rendimiento bajara como consecuencia de la disminución de las ventas, claramente un uso más eficiente de los factores no habría supuesto una mayor productividad. Esto significa que los *inputs* no se han utilizado más eficientemente, el cambio en la selección de los *inputs* se concretó en un menor valor del *output* y por lo tanto en una menor productividad. En el sector servicios a menudo hay conflictos entre productividad y calidad, ya que unas tasas más altas de productividad pueden implicar una menor calidad (Rathmell, 1974 y Gummesson, 1992). Diversos estudios han argumentado que la calidad del servicio debe estar incluida en el concepto de productividad (Grönroos, 1990; Gummesson, 1992). Sólo si la calidad del *output* es constante y no hay variación significativa en la relación entre entradas utilizadas y salidas obtenidas, la productividad se puede medir por métodos tradicionales (Grönroos, y Ojasalo, 2000).

En la industria de los servicios, diversos *inputs* pueden producir una salida única o múltiple (McLaughlin y Coffey, 1990), el problema consiste en determinar qué entradas y salidas deben formar parte del cálculo de la productividad. Algunas técnicas de medición son sólo proporciones con una salida y una entrada, mientras que otras utilizan múltiples salidas como resultado de múltiples entradas. Por lo tanto, hay varias alternativas para medir la productividad en los servicios, se puede utilizar ratios de productividad parcial (Kendrick, 1985), que relacionan la salida con algún tipo de entrada, o ratios de productividad total (Kendrick, 1985), que consideran que el comportamiento organización general, relacionando la producción total con la entrada total utilizada en la producción.

También se pueden utilizar medidas físicas, financieras o mixtas. Estas últimas combinan las variables físicas y las monetarias, donde se compara la cantidad física con

un valor monetario de la otra. Las medidas que menos se utilizan son puramente financieras y tradicionalmente las más utilizadas son las mediciones físicas (Cooper y Kaplan, 1991). En el caso del sector servicios, lo más correcto sería utilizar las primeras, ya que las mediciones físicas ignoran los aspectos característicos de las salidas, como serían la intangibilidad y la heterogeneidad. El problema de las medidas financieras es que pueden estar afectadas por los cambios de precios. Algunos ejemplos de diferentes ratios se recogen en la tabla 1.

	Medidas Físicas	Medidas Financieras	Medidas Mixtas
Hoteles	Nº habitaciones / Nº trabajadores;	Ingresos / Total Salarios Recepción	Ingresos por habitación vendida / Nº trabajadores recepción
	Nº habitaciones ocupadas/Nº trabajadores recepción;	Valor añadido / Gastos de personal	Ingresos por alojamiento / Nº trabajadores limpieza
	Nº Camas / Nº trabajadores		Ingresos / Nº habitaciones
	Cientes hora / Nº trabajadores		Ingresos / Nº camas

Tabla 1 - Medidas de desempeño de los Hoteles (Elaboración propia)

3. La metodología DEA: una aplicación práctica

La metodología que vamos a describir reconoce que la eficiencia técnica se puede mejorar y cómo se hace. Para utilizarla se necesita definir las entradas y salidas de los servicios. Las entradas o *inputs* de un servicio son los recursos que tiene disponibles, que incluyen recursos humanos, financieros y materiales y sus costes relativos. Estos recursos se pueden dividir en aquellos que están bajo el control de la dirección y los que no. Estos últimos se denominan entradas discrecionales para señalar que a diferencia de

los otros no están bajo el control de la empresa u organización. Algunas entradas no implican el consumo de recursos, presentándose en forma de información o decisiones. El precio de los bienes o servicios es una de estas entradas y la gestión de los precios es una cuestión importante.

Cualquier resultado que se obtiene del proceso se denomina salida u *output*. Las salidas deseadas son los ingresos por ventas, clientes frecuentes, la lealtad de marca y muchos otros tipos de respuestas del mercado. Algunos *outputs*, como son las emisiones contaminantes o influencias tóxicas deben ser considerados salidas negativas. A pesar de que pueden ser manejadas de tal forma que tengan la menor presencia posible en la producción global de la empresa son inevitables con la tecnología actual y la estrategia normalmente seguida. La caracterización de las entradas y salidas implica mirar el proceso de servicio como una "caja negra". De hecho la mayoría de los enfoques sobre productividad adoptan este punto de vista sólo en las primeras etapas del análisis, con la calificación del proceso, pudiendo ser contemplado como un compuesto de varias unidades empresariales, cada una utilizando los mismos tipos de entradas para producir los mismos tipos de salidas.

Con un propósito exclusivamente didáctico y explicativo de la metodología DEA en la Tabla 1 se recogen los datos ficticios de 10 hoteles pertenecientes a una misma cadena:

Hoteles	Entradas		Salidas		Eficiencia
	Publicidad en el hotel	Promoción en otros canales	Ingresos por ventas	Volumen de clientes repetidores	
Hotel 1	4	6	2	1	86 %
Hotel 2	12	8	3	1	61 %
Hotel 3	8	2	2	2	100 %
Hotel 4	6	6	4	2	100 %
Hotel 5	2	8	2	3	100 %
Hotel 6	3	9	1	2	76 %

Hotel 7	3	7	2	4	100 %
Hotel 8	8	12	3	1	61 %
Hotel 9	4	10	1	3	73 %
Hotel 10	6	5	2	2	87 %

Tabla 2 - Datos de los Hoteles

Los *outputs* considerados son los ingresos por ventas y el volumen de clientes repetidores. Como entrada se dispone de los gastos realizados en publicidad en el hotel y los gastos en la promoción a través de canales de terceros. Los datos de este ejemplo ilustrativo es para un período específico de tiempo. Las unidades de medida para las entradas y salidas fueron tratadas para obtener números simples, y hacemos notar que no tienen que estar (y por lo general no lo están) en términos de valores monetarios comunes. En la última columna figura la eficiencia calculada para cada hotel. Claramente se observa cómo algunos hoteles poseen un desempeño mejor que otros. El Hotel 8 es menos eficiente que el Hotel 4, ya que utiliza más de cada entrada y produce menos de cada salida. Para analizar el Hotel 4, asignamos variables multiplicadoras a cada una de las entradas y salidas y utilizamos estos multiplicadores para formar un ratio de eficiencia para el Hotel 4. Utilizando el símbolo multiplicador MPS para la publicidad en el hotel, el multiplicador MPT para la promoción en canales de terceros, MR para el multiplicador de los ingresos y MHR para el multiplicador de los clientes que repiten, la ratio de eficiencia general para el Hotel 4 es $(4MR+2MHR) / (6MP+6MPT)$. En esta ratio, los valores reales de la entrada y de salida para el hotel 4 están emparejados con sus respectivos multiplicadores; los ratios de eficiencia generales para cada uno de los hoteles restantes se calculan de la misma manera.

Para calcular la ratio de la eficiencia del Hotel 4, se estiman valores positivos para los cuatro multiplicadores de modo que hagan que la ratio de eficiencia del Hotel 4 sea tan grande como sea posible, al tiempo que se limita las ratios de eficiencia de cada hotel, calculadas usando los mismos multiplicadores, serán menor o igual que 100%.

No existen hoteles en la muestra más eficiente que el Hotel 4, el método asigna una puntuación de eficiencia de 1,00 (100% de eficiencia relativa) al Hotel 4. Del mismo modo, el modelo asociado con el Hotel 8 calcula un conjunto diferente de los

multiplicadores, lo que maximiza $(3MR+1MHR) / (8MP+12MPT)$, manteniendo los ratios de eficiencia de todos los hoteles que no excedan el 100%. (ahora calculados utilizando los nuevos multiplicadores). Esto da como resultado una puntuación de eficiencia de 0,61 (61% de eficiencia relativa) para el Hotel 8. El procedimiento se repite para cada uno de los otros hoteles de la muestra. El método puede extenderse a cualquier número de unidades, entradas y salidas. Estos modelos no lineales pueden reducirse a problemas de programación lineal LP (*Linear Programming*) a través de una transformación de las variables. Esta transformación hace posible los métodos DEA, facilitando bastante los cálculos.

El DEA, a diferencia de los métodos que asignan pesos comunes a las entradas y salidas para todas las unidades analizadas, resuelve el problema de LP para cada unidad de toma de decisión, dándole su propio conjunto de multiplicadores, denominados *pesos* en la metodología DEA. Cada problema de LP atribuye a la unidad de decisión respectiva un conjunto de multiplicadores, de manera que la eficiencia de la unidad evaluada sea tan alta como sea posible, y teniendo en cuenta las eficiencias de otras unidades, utilizando los mismos multiplicadores, serán menores o iguales al 100%. Esto permite que cada unidad a evaluar lo sea en función de su carácter individual y en su mejor posición posible. Por lo tanto, dos o más unidades que destaquen en diferentes áreas, por ejemplo, que sean económicas en el uso de diversas entradas y prolíficas en la obtención de diferentes salidas, pueden ser clasificadas con el 100% de eficiencia. Esto es apropiado porque en esta etapa del análisis no está disponible, o se optó por no asignar importancias relativas a las diversas entradas y salidas. Cuando son conocidas, estas importancias relativas se expresan generalmente en unidades monetarias y se utilizan en la fase de “eficacia”, que es la segunda parte del análisis de productividad.

Cada hotel eficiente está rodeado por un número de hoteles eficientes que operan en una escala similar, siendo los modelos eficientes presentados a cada administrador de un hotel ineficiente de la cadena. Los modelos son comparaciones justas, ya que pertenecen al mismo segmento de mercado que el administrador ineficiente. En el ejemplo, el Hotel 8 tendría como modelos eficientes los hoteles 4 y 7. Estas son las unidades eficientes más cercanas en términos de los valores de entradas y salidas. El Hotel 8, junto con otras unidades ineficientes, “envueltas” por los hoteles 4 y 7, formará un segmento o conjunto de comparación justa. El administrador de la cadena o grupo puede utilizar

estos modelos para evaluar el desempeño de los hoteles individuales y establecer objetivos diferenciados para los que no son totalmente eficientes, en base a las ideas de desempeño aportadas por los modelos eficientes. La participación de cada director de hotel es fundamental en este proceso porque es la clave para conocer por qué el modelo se lleva a cabo de manera más eficiente si todas las entradas y salidas relevantes fueron tenidas en cuenta.

El modelo original del DEA, denominado modelo CCR, se complementó con un modelo aditivo de Charnes, Cooper, Golany, Seiford y Stutz (1985). Este modelo ignora la relación entre la eficiencia de la ingeniería y la eficiencia de Pareto. El modelo aditivo construye una función de producción empírica óptima de Pareto para un conjunto de observaciones *input-output* en un número de unidades de toma de decisiones, por medio de restricciones de “envolvimiento”. Supongamos que a cada uno de los diez hoteles está asociada una de las variables X_1, X_2 , y así sucesivamente hasta X_{10} . Todas las variables X son mayores o iguales que cero y su suma es igual a la unidad. Para asegurar que el Hotel 1 está “envuelto” por la dimensión de publicidad, se utilizan los niveles de publicidad de todos los hoteles (los diez) para escribir la siguiente desigualdad por el lado de los *inputs*:

$$4*1+12*2+8*3+6*4+2*5+3*6+3*7+8*8+4*9+6*10 \leq 4$$

El 4 en el segundo miembro de la desigualdad es el nivel de publicidad del Hotel 1.

Para envolver por el lado del *output*, la desigualdad se invierte, para los clientes repetidos del Hotel 1, se obtendría lo siguiente:

$$1*1+1*2+2*3+2*4+3*5+2*6+4*7+1*8+3*9+2*10 \geq 1$$

Para resolver el modelo aditivo, también se utilizan las desigualdades de envolvimiento de los ingresos por ventas y de la promoción en canales de terceros del Hotel 1. Estas restricciones aseguran que el Hotel 1, en el mejor de los casos, está entre otros hoteles Pareto eficientes, en la frontera eficiente, en el caso de que también lo sea, o bien que se encuentra por debajo de la frontera, en el caso de que sea ineficiente. En la optimización resultante, los dos miembros de cada inecuación son tan desiguales como sea posible. Esto le proporciona una prueba rigurosa de la eficiencia de Pareto, lo que garantiza que una unidad de la toma de decisiones ineficiente se situará por debajo de la frontera que sus características operativas permitirían. Esta optimización se repite para cada hotel.

El planteamiento LP para el modelo aditivo tiene una estrecha similitud con el modelo de ratios transformado y, aunque existen diferencias técnicas entre ambos modelos, se puede considerar que ambos incorporan el mismo concepto de eficiencia. Por lo tanto, cualquier unidad de decisión calificada como 100% eficiente por el modelo de ratios también será 100% eficiente bajo el modelo aditivo.

Obtener una única salida virtual y una sola entrada virtual a través del sumatorio es sólo una de las muchas maneras posibles de reducir la situación multidimensional a la situación regular de ingeniería, la medición de única entrada/única salida. Por lo tanto, Chames, Cooper, Seiford y Stutz (1983) desarrollaron un modelo multiplicativo, donde el producto de las entradas elevadas a potencias positivas es una única entrada compuesta y un producto semejante produce la única salida compuesta. De forma similar al modelo de ratios (pero con los exponentes necesarios siendo mayor que uno) también puede ser convertido a un problema de programación lineal normal. En el modelo multiplicativo cada "envolvimiento ideal", es decir, cada representación de una unidad de decisión ineficiente, en función de otras unidades próximas eficientes, es una función Cobb-Douglas, una de las funciones de producción de las más comúnmente utilizadas en la economía clásica. Esto significa que el modelo multiplicativo se puede utilizar para estimar las funciones de producción "seccionalmente" o por tramos Cobb-Douglas directamente a partir de datos empíricos. Esto establece una relación importante entre el principal concepto de la economía y el concepto del DEA.

Han sido formuladas algunas variaciones de estos modelos para incluir otras propiedades tales como rendimientos de escala, crecientes, constantes o decrecientes en un punto y la invariancia de las unidades, donde los índices de eficiencia DEA no son sensibles a las unidades en las que las entradas y salidas se expresan. Los modelos DEA dinámicos permiten captar los aspectos de la productividad empresarial variables en el tiempo y como parte del sistema de gestión de la información pueden servir como instrumentos de seguimiento y control continuo (Seiford, 1989).

El modelo DEA también determina el punto "más cercano" en la frontera de eficiencia para cada unidad ineficiente, como se ilustra en la Figura 3. El camino más corto a la eficiencia de una unidad menos que eficiente, se muestra por la flecha más corta. Emulando a sus vecinos eficientes, esta unidad puede ser capaz de conseguir un mayor *output* con menos *inputs*. Esta identificación de las potenciales unidades eficientes,

junto con la identificación de las unidades eficientes para la comparación, forma parte del diagnóstico de la eficiencia.

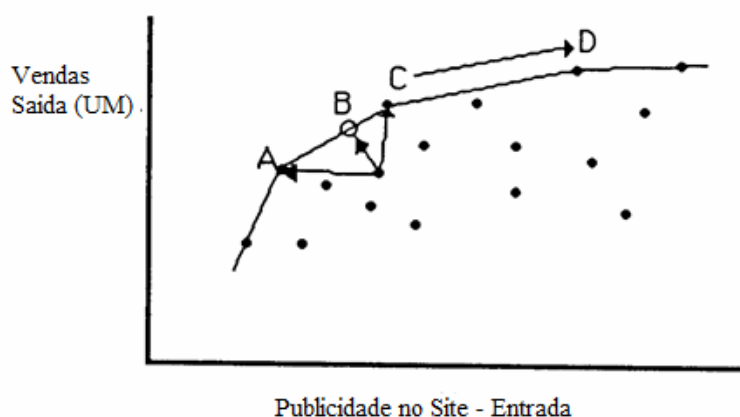


Figura 3 - Camino más corto hacia la eficiencia

Cuando se atribuye el equivalente en unidades monetarias a algunas o a todas las entradas y salidas, se puede cuantificar la recompensa de moverse hacia la eficiencia. En el Cuadro 3, se le asigna el valor de una unidad monetaria a cada unidad de entrada y de salida. El potencial de eficiencia y la identificación de los hoteles 4 y 7 como modelos eficientes se convierten en una parte natural en los procesos de gestión para la recogida de información y el establecimiento de objetivos.

	Ineficiencia Original	Eficiencia Potencial	
Salidas			Ingreso adicional
Ingresos por Ventas	3	3	0 (UM)
Clientes repetidores	1	3	$3 - 1 = 2$ (UM)
Entradas			Ahorros
Publicidad en el hotel	8	4.5	$8 - 4.5 = 3.5$ (UM)
Promoción canales terceros	12	6.5	$12 - 6.5 = 5.5$ (UM)
Impacto total de la mejora de la eficiencia			11 (UM)

Tabla 3 - Resumen de la productividad parcial del Hotel 8

Pueden ser elegidos otros caminos para la eficiencia, como indican las flechas más largas en la Figura 3. Dependiendo del presupuesto disponible, la administración puede decidir mejorar la eficiencia de la misma unidad guiándola hacia un mismo *output* con un menor volumen de *inputs* (Posición A) o a un mayor *output* con el mismo *input* (Posición C). Después de alcanzar la eficiencia por cualquiera de estas vías, la eficacia de la unidad de decisión puede ser mejorada mediante el aumento de las ventas, permaneciendo eficiente (camino C-D) o por sacrificar deliberadamente la eficiencia actual en favor de alcanzar un objetivo a largo plazo.

Después de haber determinado, a través de la metodología DEA, tanto la eficiencia relativa de todas las unidades de decisión como los diagnósticos para las ineficiencias existentes, la administración podría centrarse a continuación en la eficacia. Los resultados de la eficiencia DEA pueden ser incorporados a los modelos orientados a la eficacia de diversas formas, correspondientes a las diferentes situaciones de la gestión. Utilizaremos los beneficios reales de un hotel como un objetivo de gestión de eficacia, aunque ante organizaciones sin fines lucrativos podría ser la maximización del acceso por parte de los usuarios del servicio. El hotel puede ser considerado como eficaz o ineficaz, incluso si ya es eficaz puede ser más rentable por la aplicación racional de herramientas de marketing (por ejemplo, la publicidad y promoción).

En concreto, se propone una reducción en el presupuesto que se aplicará al hotel ineficiente 8, de forma que el coste de sus *inputs* no pueda exceder de 10 unidades monetarias. Su posición de ganancia máxima con el nuevo presupuesto, debe ser “envuelta” por los hoteles identificados como 100% eficientes, es decir, los hoteles 3, 4, 5 y 7. Por lo tanto, como en el modelo de asignación de recursos, vamos ahora a maximizar la función de beneficio sujeta a restricciones lineales. Estas restricciones son el nuevo presupuesto y las limitaciones de “envolvimiento”. La función de beneficio consiste en el nuevo nivel de ingresos por ventas más el beneficio de los clientes habituales menos el coste de los *inputs*. Cuando todos los beneficios y los costes son no negativos, indicaría una nueva dirección para el nivel de producción del Hotel 8, como un empleo de recursos que sea totalmente eficiente y maximice el beneficio. El nuevo perfil corresponde al Hotel 8 con la configuración capacidad de plena de producción y capacidad de utilización en el ámbito del presupuesto.

Permite que la producción y los beneficios crezcan, manteniendo a la empresa eficiente en todo momento, protegiéndose así contra los ataques inesperados de los competidores más eficientes. Si un objetivo de crecimiento a largo plazo debe ser maximizado, en lugar de los beneficios actuales, entonces el modelo debería cuantificar la eficiencia corriente que se sacrifica para favorecer los objetivos a largo plazo. Variaciones en el modelo se aplican a situaciones de aumento del presupuesto, de reasignación de recursos entre las unidades de decisiones y otras circunstancias de gestión. De hecho, se pueden añadir restricciones de “envolvimiento” a cualquier modelo LP, siempre que estén disponibles a través del análisis del DEA asociado. Por lo tanto, los modelos del tipo mostrado serán fundamentales para una amplia gama de aplicaciones en el área de la gestión. Al eliminar las ineficiencias técnicas y de asignación de recursos, se da lugar a mayores beneficios de los que se podrían obtener incidiendo sobre un solo tipo de eficiencia.

La Tabla 3 muestra el perfil de entrada/salida original del Hotel 8 con relación a su potencial de eficiencia y a su perfil determinado en la solución de eficacia de beneficio máximo/presupuesto reducido. La eficiencia potencial en la segunda columna, calculada por el modelo sin tomar en cuenta los beneficios o el presupuesto, muestra que emulando los hoteles eficientes 4 y 7, el Hotel 8 puede esperar obtener un mayor *output* empleando menos de cada una de los *inputs*. Cuando, en el análisis de eficacia se limita el presupuesto a una cantidad, aunque menor de la permitida, se puede obtener un beneficio adicional manteniéndose al mismo tiempo eficiente. De hecho, esta posición de máxima productividad (tercera columna) es idéntica a la del Hotel 7 que es eficiente (columna de la derecha). Puede suceder que el hotel 8 permanezca en su posición original, como se muestra en la primera columna. Esto puede ser debido a otras prioridades de atención por parte de la administración o una decisión consciente de sacrificar la eficiencia para alcanzar en el futuro una posición en el mercado deseada.

	Ineficiencia Original	Eficiencia Potencial	Máximo beneficio con presupuesto (10 UM)	Eficiencia Hotel 4	Eficiencia Hotel 7
Salidas					
Ingresos por Ventas	3	3	2	4	2
Cientes repetidores	1	3	4	2	4
Entradas					
Publicidad en el hotel	8	4.5	3	6	3
Promoción canales terceros	12	6.5	7	6	7

Tabla 4 - Resumen de la productividad del Hotel 8

Para ayudar a determinar qué cambios en el Hotel 8 son susceptibles de mejorar su productividad, examinaremos los atributos de los hoteles en 4 y 7 y el desempeño. Como el hotel 8, el eficiente Hotel 4 utiliza una combinación equilibrada de publicidad y promoción. El eficiente Hotel 7 utiliza más promoción que publicidad, es decir, que la mezcla de entradas no es un problema. Sin embargo, los hoteles 4 y 7 utilizan mucha menos publicidad que el Hotel 8, o al menos pagan menos por ella. Habría que investigar si los hoteles 4 y 7 están utilizando medios más baratos o han desarrollado mensajes creativos más atractivos. El modelo lleva a la conclusión de que la dirección del Hotel 8 haría bien en investigar el contenido y la ejecución de la publicidad del Hotel 4. Es sorprendente que el Hotel 4 obtenga más ingresos que el Hotel 7, pero atrae un menor volumen de clientes repetidores. Esto puede significar que el Hotel 4 destaca en la venta de paquetes muy grandes, reflejándose en grandes volúmenes de compras y

pocas oportunidades para desarrollar la lealtad del cliente. También puede significar que la publicidad del Hotel 4 es más eficiente para atraer nuevos clientes o que ha creado una imagen de hotel "*premium*", cobrando un precio más alto. Cualquiera de estas interpretaciones puede traducirse en una oportunidad para el Hotel 8.

3. Conclusión

Utilizando las técnicas del DEA, una organización puede medir la eficiencia de las unidades de servicio, dando a cada unidad un índice objetivo de eficiencia, dentro de un conjunto significativo de unidades, incluso en caso de desacuerdo sobre la importancia relativa de las salidas. La productividad y la rentabilidad serán mejoradas a través de una mejor definición de los objetivos y procesos de evaluación del desempeño. El método permite el diagnóstico de las deficiencias y posibles vías para mejorar la eficiencia. Se puede medir la eficiencia actual, que podría ser sacrificada por una mayor efectividad a largo plazo. Todo esto puede hacerse en el contexto del control de gestión en tiempo real. Son compatibles con las decisiones presupuestarias, de asignación y de reasignación de recursos, con énfasis en el largo plazo frente al corto, y en las decisiones con el fin de obtener inteligencia competitiva. A través de las restricciones de "envolvimiento", las técnicas DEA combinan y perfeccionan los modelos LP tradicionales con el presupuesto de capital, mezcla de productos y otros.

La frontera eficiente es una constatación de la relación entre las entradas y salidas que se manejan de manera más significativa que las tradicionales relaciones de regresión. La reducción de un gran número de medidas de desempeño a un único índice de eficiencia ayuda a dar sentido a la avalancha de datos que inundan a los administradores de hoy en día.

La curva de eficiencia DEA difiere de la función producción de la microeconomía en formas que poseen un mayor realismo, es más fácil de medir y por lo tanto posee un mayor potencial para su uso práctico por los gestores. La primera, entre otras muchas diferencias, es que no es lineal, sino seccionalmente lineal o seccionalmente loglineal o por tramos. La función de producción clásica no tiene la intención de llevar a posiciones eficientes, salvo de manera indirecta a través de los precios. De hecho, y así es normalmente defendido por la teoría económica, la atención puede limitarse a los

puntos eficientes, aunque a veces no se especifica cómo se puede estar seguro de la eficiencia de estos puntos. Si la salida, representada por la función clásica, es un compuesto de varias salidas, un conjunto de pesos comunes, generalmente valores monetarios, reducirán estas salidas a un solo elemento. La curva de eficiencia DEA no utiliza pesos comunes, pero a cada unidad de decisión se le asigna un único conjunto de multiplicadores (pesos) para sus entradas y salidas. La función de producción DEA es una función vectorial (muchas salidas) en oposición a la función de una salida de la teoría microeconómica tradicional.

La frontera de eficiencia DEA es categorizada (Figura 3, por ejemplo, de A a C; C a D, etc). Las categorías están definidas por las unidades eficientes similares y cada unidad ineficiente está envuelta por una unidad eficiente semejante, asociada dentro de una sola categoría (resultado matemáticamente necesario en la formulación de la programación lineal). La frontera de eficiencia DEA no es una función analítica que deba ser calculada mediante un proceso reiterativo de optimizaciones. Como tal, todas las variables se ajustan de forma simultánea a los nuevos valores óptimos con cada cambio en los datos originales. Este enfoque realista en el que "todas las cosas se consideran simultáneamente" o, *mutatis mutandis* (cambiando lo que se deba cambiar), se puede considerar un análisis de todo el sistema. La visión tradicional de "todas las cosas en igualdad de condiciones" o *ceteris paribus* (permaneciendo el resto constante), se basa en la noción de cálculo de una derivada parcial en la que se permite la variación sólo de una variable a la vez, con todas las demás variables manteniéndose constantes, como el concepto de coste marginal. Por otra parte, la función clásica pretende (o tiene como objetivo) mostrar el conjunto íntegro de posibilidades de producción para una única variable de decisión. La curva de eficiencia utiliza el análisis comparativo o relativo para obtener la frontera a partir del comportamiento de muchas unidades; la posición de una unidad es flexible sólo en su proximidad inmediata. El subconjunto de hoteles eficientes observados, define una frontera de eficiencia empírica, una vez que tienen, como se define por el DEA, los menores coeficientes de tecnología en sus respectivas gamas de producción y utilización de *inputs*.

Cuando se aplica al análisis de productividad, la metodología DEA amplía los conceptos de la función de producción y opera con ellos. Reconcilia la eficiencia de ingeniería, la eficiencia de Pareto y las funciones Cobb-Douglas y resuelve cierta tensión entre los

enfoques de "función de producción" y "análisis de actividad" en microeconomía. El modo de análisis anterior permite la sustitución de factores, pero es más conceptual que operativo.

La metodología DEA desafía algunas de las convenciones estadísticas. De acuerdo con esas convenciones, la variabilidad de un conjunto de observaciones se interpreta como un error de medición y desviaciones aleatorias que ocultan una verdadera relación subyacente. Esta relación se interpreta como causal cuando está entre una salida y una o más entradas, en un proceso de entrada y salida. En el análisis de la productividad con la DEA, se supone que las fluctuaciones normales y los errores de medición son pequeños comparados con las diferencias reales entre el desempeño observado de las unidades de toma de decisión. La frontera de eficiencia que se deriva empíricamente es interpretada como una declaración de posibilidades en lugar de causalidad. Cada unidad es un individuo separado y con interés en el mundo real.

Los modelos de eficiencia basados en DEA amplían las herramientas tradicionales de programación lineal, integrando consideraciones de eficiencia asignativa y técnica en una situación de múltiples unidades. La tarea de recogida y preparación de datos para el análisis de productividad, puede parecer extraño para una empresa y tienen a menudo una lógica transversal a su sistema de contabilidad de costes. Otro posible obstáculo es la necesidad de desarrollar una mentalidad orientada al cliente que lleve a recoger datos sobre su satisfacción y una voluntad de actuar sobre el mismo. Si la empresa tiene la intención de acogerse a los programas de mejora de la productividad es necesario un compromiso claro en todos los niveles de una organización (Kendrick, 1984).

El análisis de la productividad es relevante en el escenario actual de competitividad. Por ello, los métodos DEA basados en reconocer y tomar ventaja de la diversidad, teniendo en cuenta cada unidad de decisión como una sola entidad, permite evaluaciones flexibles a través de evaluaciones individualizadas, y luego proceder a una etapa de segmentación del mercado. La idea de los *inputs* discrecionales, a nivel de unidad hotelera, reconoce la libertad de acción a esas unidades de toma de decisiones, como debe ocurrir en los organismos descentralizados actuales. Finalmente, el análisis DEA aprovecha y promueve las tendencias informáticas y estadísticas, mediante la resolución de un planteamiento de programación lineal para cada unidad analizada sobre una base continua y utilizando y ampliando las técnicas del análisis exploratorio de datos. La

rápida difusión de la metodología DEA y sus numerosas aplicaciones recogidas en la literatura, apoyan la renovación para la mejora de la productividad en los servicios, del que forman parte los hoteles.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAM, E., HERSHAUERS, J. AND RUCH, W. (1981). *Productivity and Quality - Measurement as Basis for Improvement*. Prentice Hall, New Jersey.
- ANDERSEN, P., PETERSEN, N.C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis, *Management Science*, vol. 39 (10), pp. 1261-1264.
- BANKER, R. CHARNES, A. AND COOPER, W. (1984). Models for Estimation of Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis, *Management Science*. vol.30, pp.1078-1092.
- BANKER, R.D.; CHARNES, A.; COOPER, W.W.; SWARTS, J. Y THOMAS, D.A. (1989): "An introduction to Data Envelopment analysis with some of their models and its uses", *Research in Governmental and Nonprofit Accounting*, nº 5, pp: 125-163.
- BAKER, M. AND RILEY, M. (1994). New Perspectives on Productivity in Hotels: Some Advances and New Directions, *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 13(4), pp. 297-311.
- BARROS, C. (2005). Measuring Efficiency in the Hotel Sector. *Annals of Tourism Research*, vol. 32, pp. 456-477
- BERNOLAK I. (1980). Interfirm Comparison in Canada. In Bailey David and Huber Tony (eds.) (1980). *Productivity Measurement: An International Review of Concepts, Techniques, Programmes and Current Issues*, Gower, UK.
- CHARNES, A., COOPER, W. AND RHODES, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operations Research*, vol. 2(6), pp.429-444.
- CHARNES, A. COOPER, W. SEIFORD, L. AND STUTZ, J. (1982). Multiplicative Model for Efficiency Analysis, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol.16, pp.223-235.
- CHARNES, A., COOPER, A., SEIFORD, L., AND STUTZ, J. (1983). Invariant multiplicative efficiency and piecewise Cobb-Douglas envelopments, *Operations Research Letters*, Vol. 2(3), pp. 101-103.
- CHARNES, A., COOPER, W., GOLANY, B., SEIFORD, L. AND STUTZ, J. (1985). Foundations of data envelopment analysis for Pareto-Koopmans efficient empirical production functions, *Journal of Econometrics*, vol 30, pp. 91-107.

- CHARNES, A., COOPER, W., HUANG, M. AND SUN, D. (1990). Polyhedral Cone-Ratio DEA Models with an Illustrative Application to Large Commercial Banks, *Econometrics*, vol. 46, pp. 73-91.
- COELLI T., RAO D. O'DONNELL C, BATTESE G. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. 2nd ed, Berlin: Springer; 2005.
- CHRISTINA, S., MATTHIAS, F. AND WOLFRAM, H. (2010). ICT Efficiency and Effectiveness in the Hotel Sector: A Three Stage DEA Approach, *Proceedings of the International Conference Information and Communication Technologies in Tourism*. Vol. 1, pp. 642-654.
- COLTMAN, M. (1978). *Hospitality Management Accounting*. CBI Publishing Co., Inc, Boston.
- COOPER, R, KAPLAN, R. (1991). Profit Priorities from Activity-Based Costing, *Harvard Business Review*, May-June, pp.130-135.
- FAY, C. RHOADS, R. ROSENBLATT, R. (1971). *Managerial Accounting for Hospitality Service Industries*. William C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa.
- FARRELL, M. (1957). The measurement of productive efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120(3), pp.253-290.
- GRÖNROOS, C. (1990). Relationship Approach to Marketing in Service Contexts: the Marketing and Organisational Behaviour Interface, *Journal of Business Research*, Vol. 20, pp 3-11.
- GRÖNROOS, C., AND OJASALO, K. (2004). Service productivity: Towards a conceptualization of the transformation of inputs into economic results in services, *Journal of Business Research*, vol. 57 (4), pp. 414-423.
- GUMMESSON, E. (1998). Productivity, quality, relationship marketing in service organizations, *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, Vol. 10(1), pp. 4-15.
- KIMES, S. (1989). The basics of yield management, *Cornell Hotel & Restaurant Administration Quarterly*, vol. 30 (3), pp. 14–19.
- KENDRICK, J. (1984). Improving company productivity. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

- KENDRICK, J. (1985). *Measurement of Output and Productivity in the Service Sector*, in R. Inman, ed., *Managing the Service Economy*, New York: Cambridge University Press, pp.111-123.
- LEIBENSTEIN, H. (1978): "X-Inefficiency Xist. Reply to an Xorcist", *The American Economic Review*, 68: 203-211.
- MCLAUGHLIN C. AND COFFEY S, (1990). Measuring productivity in services, *International Journal of Service Industries Management*, vol. 1(1), pp. 46-64.
- METTERS R., FREI F. y VARGAS V. (1999). Measurement of multiple sites in service firms with data envelopment analysis, *Production and Operations Management*, vol. 8(3), pp. 264-81
- MILLER, S. y NOULAS, A. (1996). The Technical Efficiency of Large Bank Production, *Journal of Banking and Finance*, vol. 20, pp. 495-509.
- MIN, H., MIN, H. y CHUNG, K. (2002), "A data envelopment analysis-based balanced scorecard for measuring the comparative efficiency of Korean luxury hotels", *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 25 nº. 4, 2008, pp. 349-365.
- NOOREHA H, MOKHTAR A y SURESH K. (2000). Evaluating public sector efficiency with data envelopment analysis: a case study in road transport department; Selangor, Malaysia. *Total Quality Management*, vol. 11(4), pp. 830-836.
- OTHMAN, M., FOO, L., KARIM, M. y AZIZ, Y. (2010), Total Factor Productivity Efficiency Changes In A Malaysian Hotel Chain, *Int. J. Revenue Management*, vol. 4, pp. 327-343.
- QUINDÓS, M^a, RUBIERA, F. Y VICENTE, M^a R. (2003). "Análisis envolvente de datos: una aplicación al sector de los servicios avanzados a las empresas del Principado de Asturias", en *Rect@*, vol. 21 (1), Comunidad Valenciana, 2003.
- RAY S. (2004). *Data envelopment analysis: theory and techniques for economics and operations research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- RENAGHAN, L. (1981). A new marketing mix for the hospitality industry, *Cornell Hotel and Restaurant Association Quarterly*, August, pp. 30-35.
- SEIFORD, L. (1986). A bibliography of data envelopment analysis, Working Paper, College of Business, Amherst, MA: The University of Massachusetts at Amherst.

- SEIFORD, L. (1989). *A bibliography of data envelopment analysis (1978-1989)*, Working Paper, Version 4.0, Department of Industrial Engineering and Operations Research, The University of Massachusetts, Amherst.
- SIGALA, M. (2003). The ICT Productivity Impact on the UK Hotel Sector, *International Journal of Operation & Production Management*, vol. 23, pp. 1224-1245.
- THOMPSON, R. SINGLETON, E. THRALL, R. y SMITH, B. (1986). Comparative Site Evaluations for Locating High Energy Physics Lab in Texas, *TIMS Interfaces*, vol.16, pp. 35-49.
- THOMPSON, R., LANGEMEIER, L., LEE, C., LEE E: y THRALL, R. (1990). The Role of Multiplier Bounds in Efficiency Analysis with Application to Kansas Farming, *Econometrics*, vol. 46(1), pp. 93-108.
- VAN DOREN, C. y GUSTKE, L. (1982). Spatial analysis of the US lodging industry, *Annals of Tourism Research*, vol. 9(4), pp. 543 – 563.
- WASSENAAR, K. y STAFFORD, E. (1991). The lodging index: an economic indicator for the hotel/motel industry, *Journal of Travel Research*, vol. 30(1), pp. 18-21.
- WIJEYSINGHE, B. S. (1993). Breakeven occupancy for a hotel operation, *Management Accounting*, Vol. 71(2), pp. 32-33.
- YEN, F.L. y OTHMAN, M. (2011): Data envelopment analysis to measure efficiency of hotels in Malaysia. *SEGi Review*, vol. 4, nº 1, July, pp. 25-36.